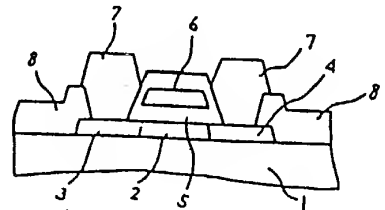


(54) LASER ANNEALING METHOD

(11) 2-148831 (A) (43) 7.6.1990 (19) JP
 (21) Appl. No. 63-300558 (22) 30.11.1988
 (71) HITACHI LTD (72) YOSHIHIKO KOIKE(3)
 (51) Int. Cl. H01L21/20, H01L21/263

PURPOSE: To obtain a thin film semiconductor device having large carrier mobility by irradiating with a laser to obtain a polysilicon film of (111) priority orientation in the device having an insulating board and a semiconductor film formed on the board.

CONSTITUTION: A glass board 1 having approx. 640°C of distortion temperature is held at 550°C, and a LPCVD film is buried under the condition of 1Torr or pressure with monosilane gas diluted to 20% with helium as a material. Then, the board 1 is held at 480°C, and a surface protective film is buried 1,000 Å for approx. 8min by normal pressure CVD with monosilane gas diluted to 4% with helium and oxygen as materials. The film is irradiated from above an ultraviolet light pulse laser (having 308nm of wavelength, 25nm of pulse duration) with XeCl as a gas source to recrystallize the LPCVD film, thereby obtaining polysilicon films 2, 3, 4. In this case, its laser light intensity is set to 400m/cm² or more to obtain main (111) priority orientation of the polysilicon film, and average crystal grain size is approx. 1,000 Å.



TFI



① Int. Cl. 分類

特許庁

特許庁

③ 公開 平成2年(1990)6月7日

H 01 L 21/20

7739-5F

21/263

審査請求 未請求 請求項の数 4 (全4頁)

④ 発明の名称 レーザアニール方法

⑤ 特 願 昭63-300558

⑥ 出 願 昭63(1988)11月30日

⑦ 発 明 者 小 池 義 彦 茨城県日立市久慈町4026番地 株式会社日立製作所日立研究所内

⑧ 発 明 者 胡 中 行 茨城県日立市久慈町4026番地 株式会社日立製作所日立研究所内

⑨ 発 明 者 青 山 隆 茨城県日立市久慈町4026番地 株式会社日立製作所日立研究所内

⑩ 発 明 者 岡 島 義 昭 茨城県日立市久慈町4026番地 株式会社日立製作所日立研究所内

⑪ 出 願 人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

⑫ 代 理 人 弁理士 小川 勝男 外2名

明 細 書

1. 発明の名称

レーザアニール方法

2. 特許請求の範囲

1. 絶縁基板と該基板上に形成された半導体膜を有する半導体装置において、レーザ照射により該半導体膜を(111)面を主体とした配向を持つ多結晶シリコン膜とすることを特徴とするレーザアニール方法。

2. 特許請求の範囲第1項記載のレーザアニール方法において絶縁基板上に550℃以下の基板温度で減圧CVD法により多結晶シリコン膜を形成し、該多結晶シリコン膜をレーザ照射することで(111)面を主体とした配向を持つ多結晶シリコン膜とすることを特徴とするレーザアニール方法。

3. 上記多結晶シリコン膜において1500Å以下の膜厚を500℃以下で堆積した多結晶シリコン膜では200mJ/cm²以上、520～550℃で堆積した多結晶シリコン膜では

400mJ/cm²以上の光強度のレーザ光を多結晶シリコン膜から照射することで(111)面を主体とした配向性を持たせることを特徴とするレーザアニール方法。

4. 上記多結晶シリコン膜において、550℃以下で堆積したSi膜を酸化した場合、800～1500Åの膜厚では400mJ/cm²以上、600～800Åの膜厚では300mJ/cm²以上、600Å以下の膜厚では200mJ/cm²以上の光強度のレーザ光を多結晶シリコン膜から照射することで(111)面を主体とした配向性を持たせることを特徴とするレーザアニール方法。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は半導体装置製造におけるレーザアニール方法に係り、特にアクティブマトリクス方式のディスプレイに好適なレーザアニール方法に関する。

(従来の技術)

近年、アクティブマトリクス用の薄膜半導体装置である薄膜トランジスタ (Thin Film Transistor, 略して TFT) 材料としては高品質化の点ですぐれている多結晶シリコン (Polycrystalline Silicon, 略して poly-Si) が用いられている。この poly-Si 膜は減圧 CVD 法

(LPCVD 法) 及び常圧 CVD 法 (APCVD 法) により作成されている。絶縁基板としては石英ガラス又は通常のガラス板を用いる。通常のガラス板を用いる際は最高温度が約 640℃ という大きな制約があるためガラス板には熱的影響を与えず poly-Si 膜の表面層だけをレーザ照射することで再結晶化する方法が試みられている。この方法によればガラス板に影響を与えない低温度アニールに比べ結晶性が向上している。

従来はこのレーザ照射方法として特開昭 60-245124 号に記載のように Si 膜で吸収率の大きな紫外光パルスレーザを照射して半導体装置を製造する方法が検討されていた。

(発明が解決しようとする課題)

堆積した Si 膜では $400 \text{ mJ}/\text{cm}^2$ 以上の光強度でレーザ光を Poly-Si 層側から照射することで得られる。又、550℃ で堆積した Si 膜を薄膜化した場合、800~1500 Å の膜厚では $400 \text{ mJ}/\text{cm}^2$ 以上、600~800 Å の膜厚では $300 \text{ mJ}/\text{cm}^2$ 以上、600 Å 以下の膜厚では $200 \text{ mJ}/\text{cm}^2$ 以上の光強度でレーザ光を Poly-Si 層側から照射することで得られる。

(作用)

レーザ照射によつて再結晶化した Poly-Si 膜は個々の Si 結晶中には欠陥が少なく電子のトラップは粒界に大きく影響される。Poly-Si の結晶粒界の界面電荷密度は、Si 単結晶の各結晶面と SiO_2 との界面電荷密度が $\langle 100 \rangle$, $\langle 110 \rangle$, $\langle 111 \rangle$ の順に増加すること、同様の関係が成立し、 $\langle 111 \rangle$ 優位配向の Poly-Si 膜では配向性が見られない Poly-Si 膜に比べ膜と垂直方向 ($\langle 111 \rangle$ 方向) のトラップ密度が大となる。膜と平行方向では反対に $\langle 111 \rangle$

上記従来技術ではレーザ照射によつて結晶性を向上させることで TFT 特性を向上させていたが再結晶化した Poly-Si 膜の結晶の配向性については検討されておらず TFT を作成したときのキャリア移動度を更に向上させる可能性があった。

本発明の目的は薄膜半導体装置の特性を向上させるための薄膜半導体装置の構造、とりわけ TFT の能動層に使用される Poly-Si 膜の配向性を考慮することで更に大きなキャリア移動度を得ることにある。

(課題を解決するための手段)

上記目的はガラス基板等の絶縁性基板上に形成された半導体装置である TFT を構成する Poly-Si 層を $\langle 111 \rangle$ 面を主体とした配向を持たせることにより達成される。

この Poly-Si 層は減圧 CVD 法により基板温度 550℃ 以下の温度において 1500 Å 以下の膜厚で堆積し、500℃ 以下で堆積した Si 膜では $200 \text{ mJ}/\text{cm}^2$ 以上、520~550℃ で

Poly-Si 膜に比べ相対的に低いトラップ密度を示すことになる。トラップ密度が低いと粒界に生じる空乏層幅はせまくなり、ここでのポテンシャル障壁は低くなる。Poly-Si のキャリア移動度は主として粒界におけるポテンシャル障壁の高さで決まる。TFT のキャリアは Poly-Si 膜と平行方向に流れる。これらの条件から $\langle 111 \rangle$ 優位配向の Poly-Si では配向性のない Poly-Si に比べ相対的にキャリアの移動度が大きくなる。

(実施例)

以下本発明の実施例を説明する。

第 1 図は本発明を用いた TFT 全体の断面構造を示す。基板 1 は至温度約 640℃ のガラス基板である。基板 1 を 550℃ に保ち、ヘリウムで 20% に希釈したモノシランガスを原料として圧力 1 Torr の条件で LPCVD 膜を堆積させる。堆積時間は 85 分間で 1500 Å の膜を堆積させる。次に基板 1 を 480℃ に保ち、ヘリウムで 4% に希釈したモノシランガスと酸剤を原料として常圧

堆積させる。この膜の上面からXeClをガス源とした紫外光パルスレーザ（波長308nm、パルス幅25ns）を照射することでLPCVD膜を再結晶化しPoly-Si膜2、3、4を得る。この時レーザ光強度を400mJ/cm²以上とすることでPoly-Si膜の主たる配向は(111)優位配向となり平均結晶粒径は約1000Åである。次に表面保護膜として用いたSiO₂膜をフッ酸の水溶液で除去する。レーザ照射により再結晶化したPoly-Si膜を島状に形成するホットエッチングの工程を通した後、常圧CVD法によりゲート絶縁膜用のSiO₂膜5を堆積させる。次にゲート電極用のPoly-Si膜6を550℃、1Torrの条件で3500Å堆積させる。ゲート膜5をホットエッチした後、ソース、ドレイン領域3、4のインプラを行なう。条件はリン(P)を用い、 $5 \times 10^{18} \text{cm}^{-2}$ のドーズ量、30KeVの電圧である。リンガラスからなるパッシベーション膜8を480℃で5000Å堆積させ、さらに、N₂中600℃の条件で20時間以上の熱処理、あるいは

200mJ/cm²以上の光強度で紫外光パルスレーザを照射することでインプラ領域を活性化させる。コンタクト用のホットエッチ行程の後、A₂電極7を6000ÅスパッタすることでTFTを形成する。

第2図はPoly-Siを減圧CVD法により基板温度を550℃として1500Å堆積し、そのPoly-Si側から光強度を100~400mJ/cm²の間で変化させ紫外光パルスレーザを照射して再結晶させた際の各面からのX線回折強度と、上記方法で作成したTFTの移動度の変化を示す。最も回折強度の強いSi(111)回折ピークはしきいエネルギー（約100mJ/cm²）以上で光強度に比例して増加しているが他のSi(220)、Si(311)回折ピークは光強度300mJ/cm²以上で増加量が鈍り配向性が(111)優位配向となる。(111)優位配向となる300mJ/cm²以上の光強度で移動度は急激に増大している。

次に第3図に減圧CVD法による堆積する際の堆積温度を500~600℃としてLPCVD膜

を堆積した後上記記載と同様に表面保護膜を堆積、その後紫外光パルスレーザを照射し再結晶化したPoly-Si膜の結晶配向性を示す。基板温度500℃で堆積したLPCVD膜には200mJ/cm²以上、520~550℃で堆積したSi膜では400mJ/cm²以上の光強度でレーザ光を照射することで(111)優位配向となり、基板温度580℃以上で堆積したSi膜では(111)優位配向は見られない。

次に第4図に減圧CVD法により堆積する際の基板温度を550℃として堆積時間を短くしてLPCVD膜を400~1500Åの膜厚で堆積した後上記記載と同様に表面保護膜を堆積、その後紫外光パルスレーザを照射し再結晶化したPoly-Si膜の結晶配向性を示す。膜厚1500Åでは400mJ/cm²以上800Åでは300mJ/cm²以上、600Å及び400Åでは200mJ/cm²以上の光強度でレーザ光を照射することで(111)優位配向となる。

Poly-Si膜は移動度が大きく、これをTFTの能動領域に用いることですぐれた電気特性を得ることができる。

〔発明の効果〕

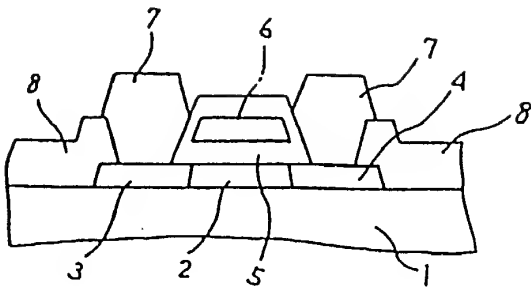
本発明によれば、LPCVD膜の堆積条件が異なっても照射紫外光パルスレーザ光の光強度を最適化することで(111)優位配向のPoly-Si膜が得られるので、キャリアの移動度が大きい薄膜半導体装置を得ることができる。

4. 図面の簡単な説明

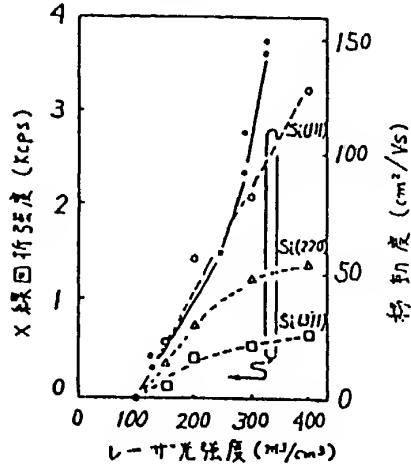
第1図は本発明のTFTの構造の模式図、第2図はレーザアニール後のPoly-Siの結晶性及び移動度の光強度依存性を示す図、第3図、第4図はPoly-Si膜の結晶配向性を示す図である。

1…絶縁性基板、2…多結晶シリコン層、3…ソース領域、4…ドレイン領域、5…ゲート絶縁膜、6…ゲート電極、7…A₂電極、8…パッシベーション膜、

第 1 図



第 2 図



第 3 図

film orientation

Temperature

光強度 (mJ/cm²)	500	520, 550	580, 600
0	アモルファス	アモルファス	アモルファス
200	優位配向	配向性なし	優位配向
300	優位配向	配向性なし	配向性なし
400	優位配向	優位配向	配向性なし

dominant axis

film thickness 第 4 図

光強度 (mJ/cm²)	400	600	800	1500
0	アモルファス	アモルファス	アモルファス	アモルファス
200	優位配向	優位配向	配向性なし	配向性なし
300	優位配向	優位配向	優位配向	配向性なし
400	優位配向	優位配向	優位配向	優位配向

PTO: 95-2302

Japanese Kokai Patent Publication No. 02-148831, published June 7, 1990; Application No. 63-300558, filed November 30, 1988; Int. Cl.⁵: H 01 L 21/20, 21/263; Inventor: Yoshihiko Koike et al.; Assignee: Kabushikigaisha Hitachi (Hitachi Corporation); Japanese Title: Laser Annealing Method

LASER ANNEALING METHOD

CLAIM(S)

1. A laser annealing method for a thin film semiconductor device having its substrate and a semiconductor film formed on the substrate, characterized by its annealing the semiconductor layer of a polycrystalline silicon film so as to provide it with a (111) dominant orientation.

2. A laser annealing method, as cited in Claim 1, wherein the polycrystalline silicon film is formed by a reduced-pressure CVD method on the substrate of 550°C or lower, and said polycrystalline silicon film is made to have a (111) dominant orientation by radiating laser to it.

3. A laser annealing method, wherein the (111) dominant orientation occurs by radiating laser at 200 mj/cm² or higher if the polycrystalline silicon film is 1,500Å thick and formed at 500°C or lower, and at 400 mj/cm² or higher if the polycrystalline silicon film is formed at 520 - 550°C.

4. A laser annealing method, wherein the (111) dominant orientation occurs by radiating laser from the polycrystalline side at intensity 400 mj/cm² or higher if the film thickness is 800 -

1,500Å in making the si film thinner, at 300 mj/cm² or higher if the film thickness is 600 - 800Å, and at 200 mj/cm² or higher if the film thickness is 600Å or less.

DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION

(Field of Industrial Application)

The present invention pertains to a laser annealing method, particularly, to that suitable for a display device of an active matrix type.

(Prior Art Reference)

Recently, as a thin film transistor (TFT), which is an active matrix type thin semiconductor device, polycrystalline silicon (Poly-Si) is used, for its being suitable for high image quality. This poly-si film is made by a reduced-pressure CVD method (LPCVD method) and a normal-pressure CVD method (APCVD method). For the insulative substrate, a quartz glass sheet or an ordinary glass sheet is used. When an ordinary glass sheet is used, the highest usable temperature is limited to approximately 640°C; therefore, a method to apply laser only to the surface layer of the poly-si film without giving a thermal impact on the glass sheet has been tried for the recrystallization. In this method, the crystallinity is far more improved than in the method of low-temperature annealing which does not give an impact on the glass sheet.

In the past, as introduced in Japanese Unexamined Patent 60-245124, a method to produce a semiconductor device by radiating ultraviolet laser pulses to a si film.

(Problem The Invention Attempts to Solve)

In the prior art technology, the TFT characteristics were improved by improving the crystallinity by the laser radiation. But, the orientation of the poly-si film which has been recrystallized was not yet studied; therefore, there still is a room to improve a carrier transfer level in making a TFT.

The objective of the present invention is to obtain a large level of carrier transfer by considering structure of the thin film semiconductor device, particularly, the orientation of the poly-si film used for the active layer of the TFT, in order to improve the characteristics of the thin film semiconductor device.

(Means to Solve The Problem)

Said objective can be achieved by providing a (111) dominant orientation to the poly-si layer constituting the TFT which is a semiconductor device formed on an insulative substrate such as a glass sheet.

This poly-si layer is obtained by laminating it to the thickness of 1,500Å or below on a substrate of temperature 550°C or lower under the reduced-pressure CVD method, and by radiating laser from the poly-si side at laser intensity 400 mj/cm² or higher in case the si film is formed at 520 - 550°C or higher, and at 200 mj/cm² or higher in case the si film is formed at 500°C or higher. When the si film formed at 550°C is made thin, the laser is radiated from the poly-si layer side at 400 mj/cm² or higher for the thickness 800 - 1,500Å, at 300 mj/cm² or higher for the thickness 600 - 800Å, at 200 jm/cm² for the thickness 600Å or below.

(Function)

With the poly-si film recrystallized by the laser radiation, every crystal has a very few defects, and the electron traps are greatly affected by a grain boundary. The electron concentration on the surface of the grain boundary of the poly-si crystal is analogous to a phenomenon that boundary electron charge concentration between each crystal boundary of Si single crystal and SiO_2 increases from (100) to (110) and to (111) in this order. With the poly-si film having the (111) dominant orientation, the trap concentration in perpendicular direction against the film (111 orientation direction) increases relative to the one with no orientation. Regarding the horizontal direction to the film, the poly-si film with (111) dominant orientation has relatively lower trap concentration than the one with no orientation. If the trap concentration is low, the depletion width generated in the grain boundary will become narrower, so the potential barrier becomes low here. The carrier transfer level of the poly-si is primarily determined by the height of the potential barrier in the grain boundary. The carriers of the TFT flow in the direction horizontal to the poly-si film. Due to these conditions, the carrier transfer level is larger in the poly-si with (111) dominant orientation than poly-si with no orientation.

(Application Example)

An example of the application of the present invention is explained below.

Fig. 1 shows a sectional view of the TFT to which the present

invention is applied. The substrate 1 is the glass substrate, the distortion temperature of which is 640°C. The substrate 1 is kept at 550°C, and using the monosilane gas diluted with helium by 20%, the LPCVD film is formed under the condition of 1 torr pressure. The time used for the film-forming is 85 minutes, and the thickness is 1,500Å. Subsequently, the substrate 1 is kept at 480°C, and using a mono-silane gas diluted with helium by 4% and oxygen, the surface protective film is formed up to 1,000Å by CVD under normal pressure for approximately 8 minutes. From above this film, ultraviolet pulse laser (wavelength 308nm, pulse width 25ns) having its gas source of XeCl is radiated to obtain the poly-si films 2, 3, and 4, which are the recrystallized LPCD films. By using the laser intensity of 400 mj/cm², the primary crystalline orientation of the poly-si film becomes (111) dominant orientation, and the average crystal diameter is approximately 1,000Å. Subsequently, the SiO₂ film used for the surface protection is removed by a hydrofluoric acid solution. The poly-si film which has been recrystallized by laser is put to the process of hot etching to form it into island, and the SiO₂ film 5 for the gate insulation is laminated on it by a CVD method under normal pressure. Then, the poly-si film 6 for the gate electrode is laminated up to 3,500Å at 550°C under 1 torr. After the gate film 5 is photo-etched, the source and the drain regions 3 and 4 are put to the process of implantation. The implantation conditions are: use of phosphate (P), 5 x 10¹⁵cm⁻² dosage, and 30KeV voltage. The passivation film 8 made of phosphorus glass is formed up to 5,000Å at 480°C, and

heated to 600°C in N₂ nitrogen for 20 hours or more, or ultraviolet pulse laser is radiated at 200 mj/cm² intensity to activate the implantation region. After it is put to photo-etching to make the contact hole, Al electrode 7 is formed by sputtering up to 6,000Å to form the TFT.

Fig. 2 shows the X-ray refraction intensity in recrystallizing the poly-si film, which has been formed up to 1,500Å at 550°C, by radiating ultraviolet pulse laser from the poly-si side changing the intensity in the range of 100 - 400 mj/cm², and shows the changes in the transfer level of TFT. The Si (111) refraction peak having the most intense refraction has the threshold energy (app. 100 mj/cm²) or higher, and increases in proportion to the laser intensity, but other si (220) and si (311) refraction peaks have the laser intensity 300 mj/cm² or higher, but the increasing rate declines, so the orientation becomes (111) dominant orientation. The transfer level drastically increases at 300 mj/cm² or higher laser intensity, at which the (111) dominant orientation occurs.

Fig. 3 shows the crystalline orientation of the poly-si film which has been recrystallized by ultraviolet pulse laser after forming the LPCVD film at 500 - 600°C and covering it with the surface protection film. By radiating laser at intensity of 200 mj/cm² or higher to the LPCVD film formed on the substrate of 500°C and by radiating laser at intensity of 400 mj/cm² or higher to the si film formed at 520-550°C, the orientation becomes (111) dominant, but the (111) orientation does not occur to the si film which has been formed at 580°C or higher.

Fig. 4 shows the crystalline orientation of the poly-si film which has been recrystallized by radiating ultraviolet laser pulses after forming the LPCVD film to 400-1500Å at 550°C substrate temperature followed by the forming of the surface protection film. The (111) dominant orientation occurs to the films by radiating the laser at intensity 400 mj/cm² or higher to the film of 1500Å, at 300 mj/cm² to the film of 800Å, and at 200 mj/cm² to the films of 600Å and 400Å.

The poly-si film will have a large transfer level if it primarily has the (111) dominant orientation, and if this is used for a TFT's active region, its electrical characteristics will be greatly enhanced.

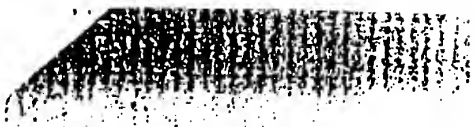
(Advantage of The Invention)

According to the present invention, even when the laminating conditions of the LPCVD film varies, the (111) dominant orientation of poli-si film can be achieved by optimizing the intensity level of the radiated ultraviolet laser pulses; therefore, a thin film semiconductor device with a large carrier transfer level can be produced.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

Fig. 1 shows a block diagram of the TFT structure of the present invention. Fig. 2 shows the laser intensity-dependence of the crystallinity and the carrier transfer level of the poli-si after annealing. Fig. 3 and Fig. 4 show the crystalline orientation of the poli-si film.

1. insulative substrate

- 
2. polycrystalline silicon layer
 3. source region
 4. drain region
 5. gate insulative film
 6. gate electrode
 7. Al electrode
 8. passivation film

Translations
U.S. Patent and Trademark Office
01/5/95
Akiko Smith

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.